

地盤および道路盛土におけるアレー観測

林 宏親・西川純一・谷口啓二郎

正会員 北海道開発局開発土木研究所 土質基礎研究室 (〒062 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

北海道開発局では、高規格幹線道路日高自動車道において道路盛土基礎地盤の液状化対策工事（サンドコンパクションパイル工法）を実施している。平成2年より本対策工法の有効性の確認などを目的に、工事箇所（北海道苫小牧市）の火山灰地盤と砂地盤2地点にて液状化アレー観測を行っている。この度、砂地盤の観測地点において盛土路体に地震計を追加設置し、地盤と盛土の地震時挙動を同時に観測可能なシステムに改良した。

本報告では、液状化アレー観測を含めた地震観測システムの概要を紹介すると共に、システム改良後、初めて記録が得られた1997年2月20日の浦河沖地震についてその結果を示す。

Key Words : Array Observation, Seismometer, Road, Embankment, Acceleration Response

1. まえがき

道路盛土は被害が発生しても復旧が容易なことなどから、地震に対する配慮がなされていないのが、現在のところ一般的である。しかし、近年の大地震による被害^{1) 2) 3)}を契機に地震に強い土木構造物が求められており、道路盛土に関しても耐震設計を取り入れようとする流れにある。

道路盛土の合理的な耐震設計法を確立するためには、地震時における道路盛土の実挙動を観測し、盛土内での応答などを把握する必要がある。北海道開発局では、現在建設中である高規格幹線道路日高自動車道（苫小牧市～浦河町 延長約120km）において1990年から液状化アレー観測^{4) 5) 6) 7)}を実施しているが、今回、道路盛土路体内部に地震計を追加設置し、地盤と道路盛土の地震時挙動を同時に観測可能なシステムに改良した。

ここでは、既存の液状化アレー観測を含めた地震観測システムの概要を紹介すると共に、観測システム改良後、初めて記録が得られた1997年2月20日の浦河沖地震についてその記録を示す。

2. 地盤の概要と現在までの経緯

1990年から液状化アレー観測が実施されているのは、現在建設中の高規格幹線道路日高自動車道のうち、苫小牧市北東部のウトナイ湖に近い植苗高架

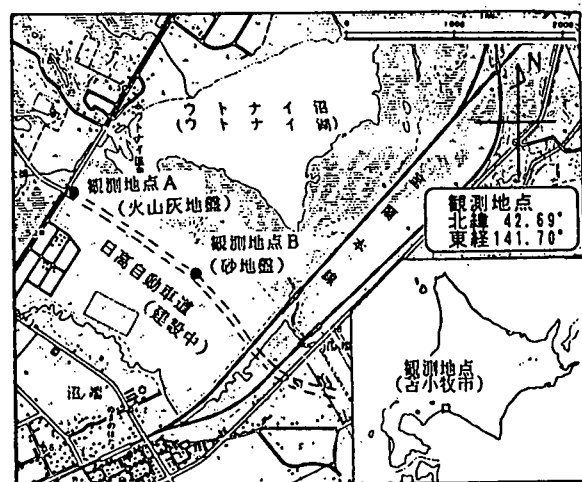


図-1 観測地点の位置

橋付近の火山灰地盤と明野南高架橋付近の砂地盤の2地点である。図-1に観測地点の位置を示す。

図-2は、この付近の土質縦断面図である。この付近の地盤は、深度15～20m前後までN値10以下の緩い二次堆積火山灰や砂が堆積している。1968年の十勝沖地震ならびに1982年の浦河沖地震では、この地域一帯で液状化の発生が確認されており、事前の詳細な調査でもこの土層が液状化の可能性を持つと判定されている。

このため、盛土建設に先立って、サンドコンパクションパイル工法（以下、SCP工法とする）による液状化対策工事を施工している。さらに、火山灰

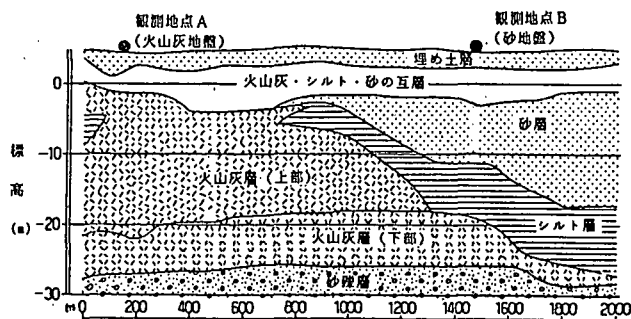


図-2 観測地点の土質縦断面図

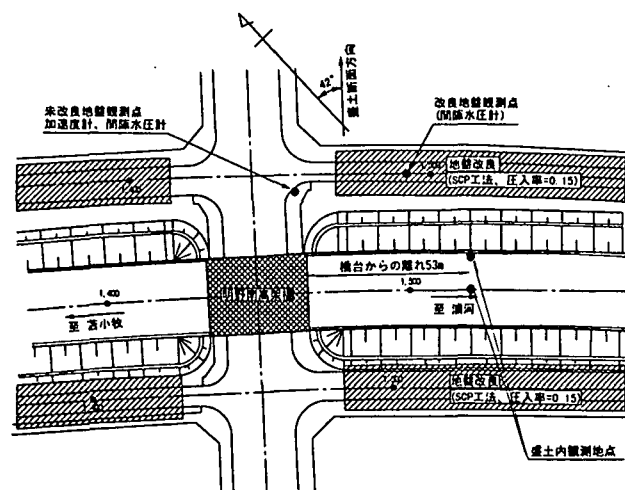


図-3 観測地点B付近の平面図

地盤（以下、観測地点Aとする）と砂地盤（以下、観測地点Bとする）の2地点において液状化アレー観測として地震時の地盤の加速度と過剰間隙水圧の計測を実施している。

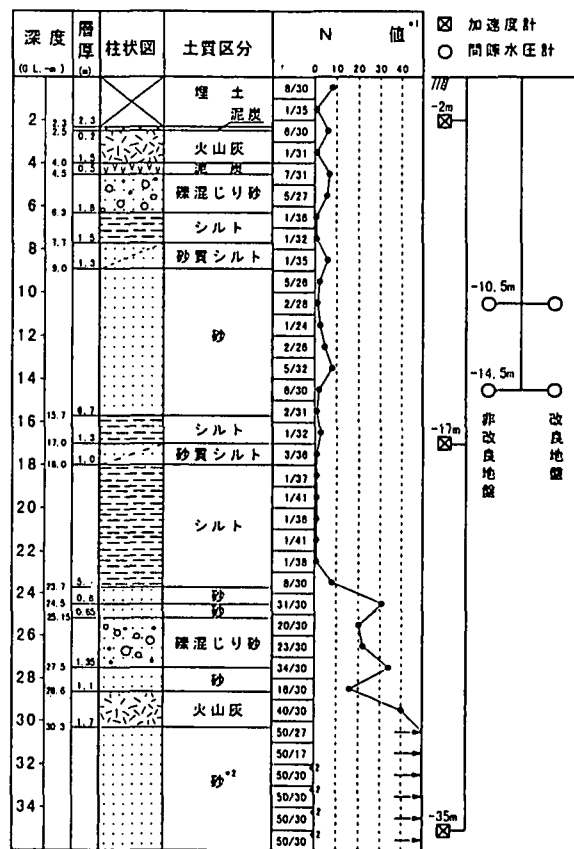
この度、観測地点Bにおいて盛土路体内に加速度計を追加設置し、地盤と盛土の地震時挙動を同時に観測可能なシステムとした。

3. 観測システムの概要

(1)既設の地盤内観測システム

図-3は、システムの改良を行った観測地点B付近の平面図である。図-4は、観測地点Bにおける柱状図と地盤内の既設計器配置を示している。加速度計は、1台に水平2成分、鉛直1成分の計3成分を内蔵しており、未改良地盤のG.L.-2m、G.L.-17m、G.L.-35mに埋設されている。なお、中間深度の加速度計は水平2成分のみである。G.L.-35mの加速度計は工学的基盤と考えられる砂層内にある。

間隙水圧計は改良地盤と未改良地盤のG.L.-10.5mとG.L.-14.5mの液状化対象層(砂層)内に埋設されている。加速度計や間隙水圧計の仕様や設置方法については西川らの報告⁶⁾に詳しい。



*1: N値は30cm貫入量に換算して表示

*2: 0.1-31.5mは同一の土質が続き、N値は50以上と設定

図-4 観測地点Bの柱状図と計器配置図

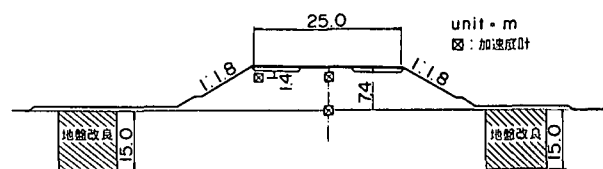


図-5 盛土の断面と計器の配置図

また、観測地点Aの観測システムも観測地点Bとほぼ同様である⁵⁾。

(2)新設の盛土内観測システム

図-5は、当該地点での盛土断面と今回新設した加速度計の位置を表している。盛土の諸元は、高さ7.4m、天端幅25m、のり面勾配1:1.8である。盛土材料は、現地付近で発生する火山灰質土が用いられている。盛土の両側には、高架橋部を除き、深さ15mの範囲でSCP工法による地盤改良が行われている。

盛土内には、盛土中心の底面および路床面-1.4mとのり肩付近の路床面-1.4mに加速度計を設置した。加速度計は、道路縦断方向、断面方向ならびに上下方向の3成分を測定できる。

加速度計の平面的な設置位置に関しては、当該盛土が明野高架橋に近接しており、橋梁橋台による盛土の拘束および盛土の分断による計測への影響が懸

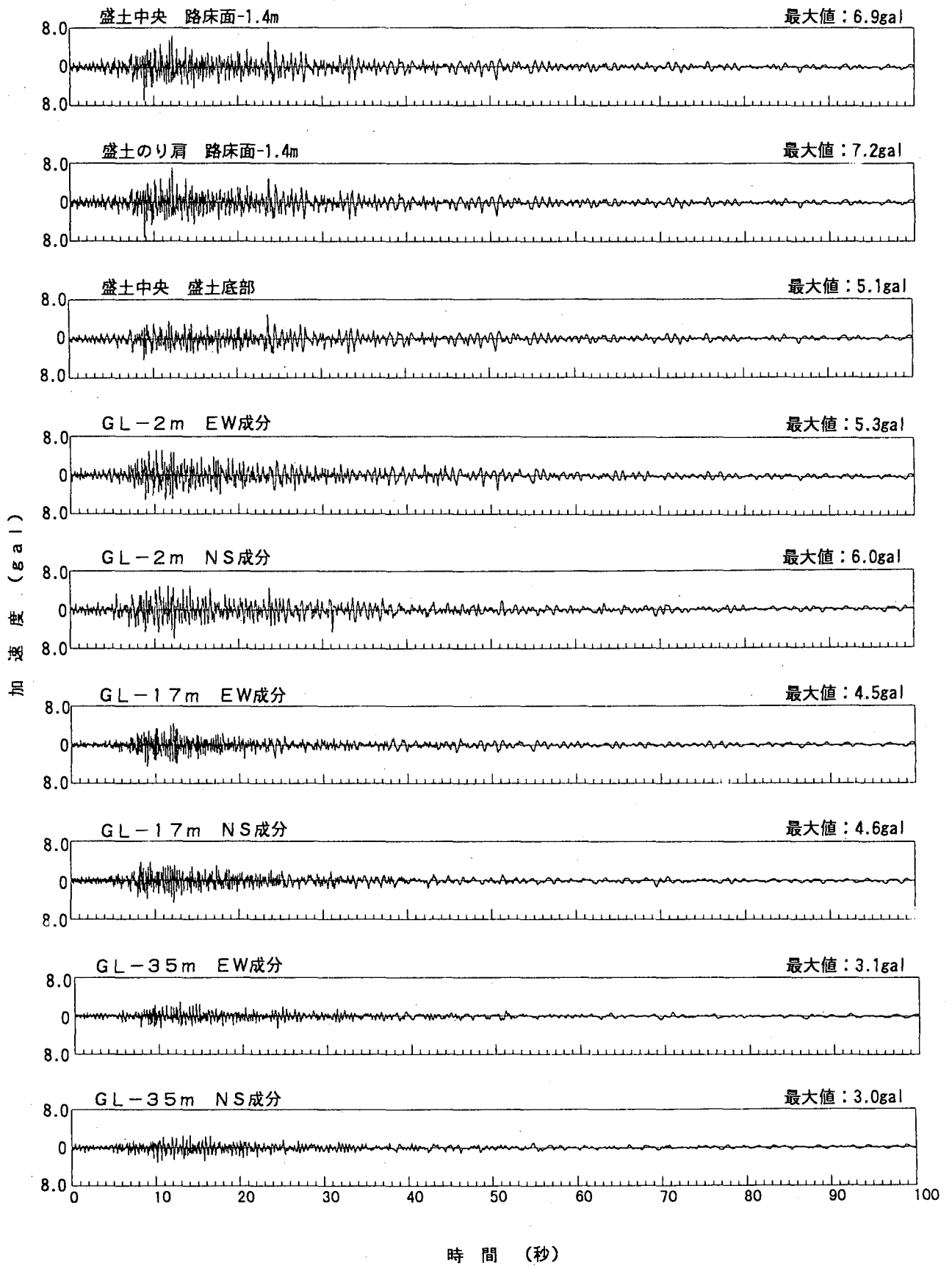


図-6 地盤および盛土の加速度時刻歴

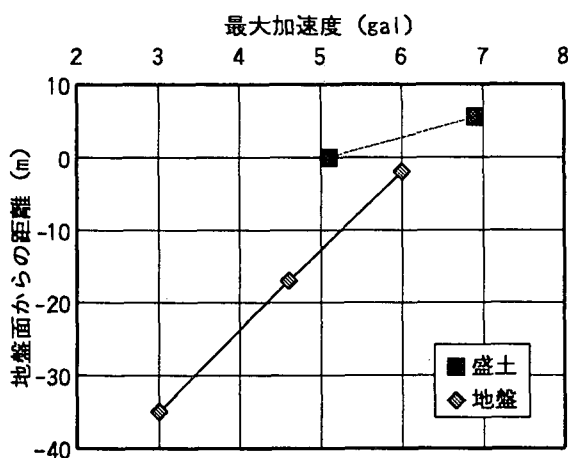


図-7 地盤および盛土における加速度の増幅

念された。したがって、それらの影響を受けない程度に橋台から設置位置を離す必要があった。しかし、この距離については明らかではないため、ここでは盛土敷き幅程度の 53m 離すこととした。

盛土内の新設システムは既設のシステムと連動しており、地盤内の工学的基盤に設置した加速度計の 3 成分のいずれかにトリガーレベルを越えた加速度が検知された場合に作動し、遅延時間 10 秒を含めた記録を測定する。トリガーレベルは、2.5gal としている。

盛土内に加速度計を増設し、地盤および盛土におけるアレー観測を開始したことで、次の点に関するデータをすることが可能となった。

- ①地震時における盛土内のせん断ひずみおよび地震動増幅
- ②自由地盤と比較して盛土があることによる地震波の違い（地盤-盛土の相互作用）

4. 観測結果

観測システム改良後に発生した 1997 年 2 月 20 日の浦河沖地震（マグニチュード M5.6）では、浦河町で震度 5 弱、苫小牧市で震度 2 を記録した。

この地震で観測された G.L.-35m、G.L.-17m、G.L.-2m の E-W、N-S 成分および盛土内での道路断面方向成分の加速度時刻歴を図-6 に示す。なお、地盤ならびに盛土とも方位および道路中心線に対する方向誤差補正を行っていない。

最大加速度は、地表面付近の G.L.-2m では約 6.0gal（N-S 成分）、盛土のり肩の路床面-1.4m では約 7.2gal であった。

図-7 は、地盤および盛土中央において観測された最大加速度を深度方向に整理したものである。地

盤に関しては N-S 成分、盛土は断面方向成分の記録である。

加速度記録の方位補正などを行っていないので、単純に比較できないが、地盤内、盛土内のいずれにおいても加速度が増幅されており、盛土内の方がその度合いが大きいことがわかる。

さらに、盛土底面での最大加速度は、自由地盤の地表面加速度と見なせる G.L.-2m の最大加速度と比較して若干小さい。これは、盛土が存在することによる相互作用とも考えられる。

5. あとがき

現段階では、加速度レベルの非常に小さい地震記録しか得られていないが、今後ともデータの蓄積を図ると共に、その詳細な検討を行い、道路盛土の耐震設計法確立に役立てたいと考えている。

謝辞：観測にあたっては、北海道開発局苫小牧道路事務所の関係各位に多大なる御協力を頂いた。また、システムの改良にあたって、飛島建設（株）技術研究所の関係各位に貴重な御助言を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 北海道開発局開発土木研究所：1993 年釧路沖地震被害調査報告，開発土木研究所報告第 100 号，pp.13-40，1993.
- 2) 北海道開発局開発土木研究所：1993 年北海道南西沖地震被害調査報告，開発土木研究所報告第 101 号，pp.21-40，1994.
- 3) 北海道開発局開発土木研究所：1994 年北海道東方沖地震被害調査報告，開発土木研究所報告第 108 号，pp.7-24，1995.
- 4) 林 宏親：自動化された液状化観測システムの設置－高規格幹線道路日高自動車道（北海道）－，土と基礎，Vol.39 No.1，pp.117-118，1991.
- 5) 小田島大，能登繁幸，林 宏親：火山灰地盤における間隙水圧計測システム，土木学会第 47 回年次学術講演会概要集第Ⅲ部門，pp.806-807，1992.
- 6) 西川純一，小田島大，森伸一郎，三輪 滋：1993 年釧路沖地震における液状化アレー観測，土と基礎，Vol.42 No.3，pp.57-62，1994.
- 7) 西川純一，小田島大，森伸一郎，三輪 滋，関 宝其：苫小牧市の砂地盤における液状化アレー観測，第 9 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.655-660，1994.